

Фон. Для определения малых концентраций радионуклидов необходимо уменьшение радиационного фона, что достигается защитой. В табл.2 приведены осн.

Табл. 2.

\mathcal{E}_γ , кэВ	Радионуклид	Интенсивность линии, %	Снижение фона защитой, во сколько раз
238, 59	²¹² Pb	45	330
351, 99	²¹⁴ Pb	36,7	2700
583, 14	²⁰⁸ Tl	30,96	630
609, 31	²¹⁴ Bi	46,9	3600
911, 2	²²⁸ Ac	27	6600
1001, 2	^{234m} Pa	0,69	57
1120, 29	²¹⁴ Pb	15,3	11000
1178, 21	⁶⁰ Co	100	24
1238, 11	²¹⁴ Bi	6,05	2000
1332, 47	⁶⁰ Co	100	
1460, 75	⁴⁰ K	10,5	16000
1820, 62	²¹² Bi	1,43	1100
1764, 5	²¹⁴ Bi	16,1	5600
2614, 47	²⁰⁸ Tl	36	1800

γ -линии, встречающиеся в радиац. фоне, и указано снижение фона защитой (результат эксперимента), включающей слой Cd (толщиной 1 мм для защиты от нейтронов), Pb (10 см), Cu (4 см) (см. *Радиационная защита*). На установке, размещённой в соляной шахте на глуб. 305 м, был получен фон $N = 1,7 \cdot 10^3$ импульсов на 1 кэВ на 1 см³ чувствит. объёма детектора за 1000 ч работы при энергиях γ -квантов $\mathcal{E}_\gamma = 2$ МэВ. В случае т. н. активной защиты осн. детектор окружают неск. вспомогательными детекторами. Осн. и вспомогат. детекторы включают в схему антисовпадений. Активная защита в виде пластмассового сцинтиллятора толщиной ~10 см внутри свинцовой защиты толщиной 15 см, с низкофоновым полупроводниковым детектором Ge(Li) позволила получить фон $N_\Phi = 1,9 \cdot 10^{-2}$ импульсов на 1 кэВ на 1 см³ чувствит. объёма детектора ($\mathcal{E}_\gamma = 2$ МэВ, $t = 1000$ ч).

Lum.: Jäckel B., Westmeier W., Patzelt P., «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1987, v. A 261; Vaño E., Gonzalez L., Gaeta R. and Gonzalez Y. A., «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1975, v. 123; Cao Zhong, «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1987, v. A 262; Sanchez-Reyes A. F., Febrían M. J., Baró I. and Tejada J., «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1987, v. B 28; Fry F. A., O'Rordan M. C., «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1984, v. 223; Liguori C., Sarracino A., Sverzelitti P. and Zanotti L., «Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Research», 1983, v. 204. В. А. Баженов.

РАДИОНАВИГАЦИЯ — определение местоположения движущегося объекта (морских и воздушных судов, наземного транспорта и космич. аппаратов) с помощью радиотехн. устройств, расположенных на объекте и в окружающем пространстве в точках с известными координатами. В более узком смысле под Р. понимают определение к.-л. параметра движения, напр. скорости или направления движения. В более широком смысле Р. включает и элементы управления движением, напр. выбор курса.

Для Р. могут использоваться 3 независимых навигац. параметра: дальность, радиальная скорость и угол, определяемые относительно заданной системы координат. Опорными точками системы координат являются радионавигац. станции, расположенные на поверхности Земли (с постоянными и известными координатами) или на ИСЗ, кораблях и самолётах, координаты к-рых изменяются, но точно известны в любой момент времени. Геом. место точек, соответствующее одинаковым значениям навигац. параметра в пространстве, наз. поверхностью положения, а на плоскости — линией положения. Пересечение трёх поверхностей или двух линий положения определяет координаты объекта. В зависимости от измеряемых навигац. параметров могут использоваться 3 осн. метода определения координат.

Дальномерный метод. Параметром является расстояние R между опорной точкой и объектом, поверхностью положения — сфера радиусом R и центром в опорной точке. Координаты объекта (x, y, z) определяются при решении системы трёх ур-ний:

$$R_i = [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2]^{0,5},$$

где x_i, y_i, z_i — известные координаты трёх ($i = 1, 2, 3$) опорных точек, а R_i — измеренные расстояния от объекта до опорной точки.

Для измерения расстояния передатчик объекта посылает радиопульс запроса, на опорной точке его принимают и переизлучают. Измерив интервал времени T между моментами посылки запроса и приёмом переизлучённого импульса, определяют $R = c \cdot 0,5 \cdot T$, где c — скорость распространения радиоволн. Недостаток этого метода — огранич. пропускная способность навигац. системы, к-рая не может одноврем. отвечать на запросы неск. объектов, устраивается при установке в опорных точках и на каждом объекте высокостабильных синхронизиров. эталонов времени (см. *Квантовые стандарты частоты*). В этом случае передатчики опорных точек в условленные моменты времени излучают радиопульсы, к-рые принимают на объектах и определяют интервал времени, прошедший с условного момента до момента приёма радиопульса. Осн. недостаток беззапросного метода — необходимость поддерживать чрезвычайно высокую точность синхронизации всех часов навигац. системы, т. к. каждая мкс расхождения шкал времени объекта и опорных точек даёт ошибку в определении расстояния $\Delta R = c \Delta T \approx 300$ м. Для исключения сдвига шкалы времени ΔT объекта относительно шкалы единого времени опорных точек применяют псевдодальномерный метод, заключающийся в измерении параметра R_i до четырёх ($i = 1, 2, 3, 4$) опорных точек. Решение системы четырёх ур-ний

$$c(T_i + \Delta T) = [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2]^{0,5}$$

позволяет определить три неизвестные координаты объекта при неизвестном сдвиге шкал ΔT .

Радиально-скоростной (доплеровский) метод. Параметром является радиальная скорость объекта относительно опорной точки, зависящая от координат и относительной скорости объекта:

$$\dot{R}_i = [(x_i - x)(\dot{x}_i - \dot{x}) + (y_i - y)(\dot{y}_i - \dot{y}) + (z_i - z)(\dot{z}_i - \dot{z})] / R_i.$$

При известных параметрах опорных точек и собствен. скорости объекта независимые измерения радиальных скоростей относительно трёх опорных точек позволяют определить координаты объекта. Измеряя доплеровское смещение F излучаемого передатчиком сигнала с частотой f , находят радиальную скорость $\dot{R} \approx cF/f$ (см. *Доплера эффект*). Ошибку в определении F , возникающую из-за отклонения частоты эталона на объекте от частоты излучения передатчиков в опорных точках, можно исключить, применяя псевдодоплеровский метод, при к-ром измеряется дополнительный навигац. параметр по четвёртой опорной точке (так же, как и в псевдодальномерном методе).

Угломерный метод. Параметром является угол между направлениями на разл. опорные точки. Определение направления на источники радиоизлучения осуществляется методами радиолокации.

Наряду с тремя осн. методами при построении радионавигац. систем широко применяют комбиниров. методы типа дальномерно-доплеровского, дальномерно-угломерного и т. п. Нек-рые навигац. задачи решаются радиолокац. методами (см. *Радиолокация*), а при использовании в качестве опорных точек небесных тел — радиоастр. методами (см. *Радиоастрономия*).

Помимо метода определения координат объекта важной характеристикой любой радионавигац. системы является диапазон рабочих частот. В условиях Земли